

07.1.2005

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

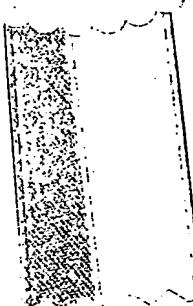
出願年月日 Date of Application: 2003年11月14日

出願番号 Application Number: 特願2003-385449

[ST. 10/C]: [JP2003-385449]

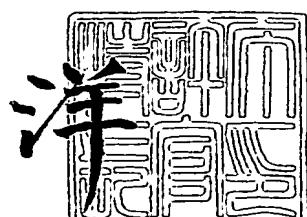
出願人 Applicant(s): 株式会社光コム研究所

2004年12月22日



特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願
【整理番号】 2003-005
【提出日】 平成15年11月14日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 G02F 1/05 503
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県横浜市旭区若葉台 4-28-905
 【氏名】 興梠 元伸
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県横浜市緑区いぶき野 8-1 リヴェールいぶき野 506
 【氏名】 今井 一宏
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県横浜市緑区長津田町 3034-3
 【氏名】 バンバン ウイディヤトモコ
【特許出願人】
 【識別番号】 503249810
 【氏名又は名称】 株式会社光コム研究所
【代理人】
 【識別番号】 100067736
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 小池 晃
【選任した代理人】
 【識別番号】 100086335
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 田村 篤一
【選任した代理人】
 【識別番号】 100096677
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 伊賀 誠司
【選任した代理人】
 【識別番号】 100106781
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 藤井 稔也
【選任した代理人】
 【識別番号】 100113424
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 野口 信博
【選任した代理人】
 【識別番号】 100116126
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 山口 茂
【選任した代理人】
 【識別番号】 100120868
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 安彦 元
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 019530
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1

【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 0314016

【書類名】特許請求の範囲

【請求項1】

入射すべき光を偏光方向に応じて分離する分離手段と、
上記分離された各光の偏光方向を同一方向へ制御する偏光制御手段と、
所定の周波数の変調信号を発振する発振手段と、
何れか一の端面を介して入射された光を往路方向又は復路方向へ伝搬させる光伝搬手段と、
上記端面間に配され、上記発振手段から供給された上記変調信号に応じて上記伝搬する光の位相を変調する光変調手段とを備え、
上記光変調手段は、上記往路方向又は復路方向へ伝搬する各光を変調することを特徴とする光変調器。

【請求項2】

上記光伝搬手段は、上記入射された光を、結晶内部を全反射させつつ伝搬させることを特徴とする請求項1記載の光変調器。

【請求項3】

入射すべき光を偏光方向に応じて分離する分離手段と、
上記分離された各光の偏光方向を同一方向へ制御する偏光制御手段と、
所定の周波数の変調信号を発振する発振手段と、
互いに平行な反射鏡から構成され、上記偏光制御手段から互いに異なる角度で何れか一の反射鏡を介して入射された光を往路方向又は復路方向へ伝搬させることにより共振させる共振手段と、

上記発振手段から供給された上記変調信号に応じて上記共振手段において共振された光の位相を変調する光変調手段とを備えることを特徴とする光変調器。

【請求項4】

上記光変調器における上記分離手段は、複屈折材料により構成されることを特徴とする請求項3記載の光変調器。

【書類名】明細書

【発明の名称】光変調器

【技術分野】

【0001】

本発明は、光変調器に関し、光通信、光CT、光周波数標準器など多波長でコヒーレンス性の高い標準光源、又は、各波長間のコヒーレンス性も利用できる光源を必要とする分野に適用される。

【背景技術】

【0002】

光周波数を高精度に測定する場合には、測定する光を他の光と干渉させ、発生する光ビート周波数の電気信号を検出するヘテロダイン検波を行う。このヘテロダイン検波において測定可能な光の帯域は、検波系に使用される受光素子の帯域に制限され、概ね数十GHz程度である。

【0003】

一方、近年の光エレクトロニクスの発展に伴い、周波数多重通信のための光制御や、広範囲に分布する吸収線の周波数測定を行うため、光の測定可能帯域を更に拡大する必要がある。

【0004】

かかる測定可能帯域の拡大化の要請に応えるべく、従来において光周波数コム発生器（例えば、特許文献1参照。）を用いた広帯域なヘテロダイン検波系が提案されている。この光周波数コム発生器は、周波数軸上で等間隔に配置された樹状のサイドバンドを広帯域にわたり発生させるものであり、このサイドバンドの周波数安定度は、入射光の周波数安定度とほぼ同等である。この生成したサイドバンドと被測定光をヘテロダイン検波することにより、数THzに亘る広帯域なヘテロダイン検波系を構築することが可能となる。

【0005】

図8は、この従来における光周波数コム発生器3の原理的な構造を示している。

【0006】

この光周波数コム発生器3は、光位相変調器31と、この光位相変調器31を介して互いに対向するように設置された反射鏡32,33を備える光共振器100が使用されている。

【0007】

この光共振器100は、反射鏡32を介して僅かな透過率で入射した光L_{in}を、反射鏡32,33間で共振させ、その一部の光L_{out}を反射鏡33を介して出射させる。光位相変調器31は、電界を印加することにより屈折率が変化する光位相変調のための電気光学結晶からなり、この光共振器100を通過する光に対して、電極36に印加される周波数f_mの電気信号に応じて位相変調をかける。

【0008】

この光周波数コム発生器3において、光が光共振器100内を往復する時間に同期した電気信号を電極36から光位相変調器31へ駆動入力することにより、光位相変調器31を1回だけ通過する場合に比べ、数十倍以上の深い位相変調をかけることが可能となる。これにより、高次のサイドバンドを数百本生成することができ、隣接したサイドバンドの周波数間隔f_mは全て入力された電気信号の周波数f_mと同等になる。

【0009】

また、従来における光周波数コム発生器は、上述のバルク型に限定されるものではない。例えば図9に示すように、導波路を用いた導波路型光周波数コム発生器200にも適用可能である。

【0010】

この導波路型光周波数コム発生器200は、導波路型光変調器200から構成される。導波路型光変調器200は、基板201と、導波路202と、電極203と、入射側反射膜204と、出射側反射膜205と、発振器206とを備える。

【0011】

基板201は、例えば引き上げ法により育成された3～4インチ径のLiNbO₃やGaAs等の大型結晶をウェハ状に切り出したものである。この切り出した基板201上に導波路202層をエピタキシャル成長させるため、通常、機械研磨や化学研磨等の処理を施す。

【0012】

導波路202は、光を伝搬させるために配されたものであり、導波路202を構成する層の屈折率は、基板等の他層よりも高く設定されている。導波路202に入射した光は、導波路202の境界面で全反射しながら伝搬する。

【0013】

電極203は、例えばAlやCu、Pt、Au等の金属材料からなり、外部から供給された周波数fmの電気信号を導波路202に駆動入力する。また、導波路における光の伝搬方向と変調電界の進行方向は同一となる。

【0014】

入射側反射膜204及び出射側反射膜205は、導波路202に入射した光を共振させるため設けられたものであり、導波路202を通過する光を往復反射させることにより共振させる。発振器206は、電極203に接続され、周波数fmの電気信号を供給する。

【0015】

入射側反射膜204は、導波路型光変調器200の光入射側に配され、図示しない光源から周波数ν₁の光が入射される。また、この入射側反射膜204は、出射側反射膜205により反射されて、かつ導波路202を通過した光を反射する。

出射側反射膜205は、導波路型光変調器200の光出射側に配され、導波路202を通過した光を反射する。またこの出射側反射膜205は、導波路202を通過した光を一定の割合で外部に出射する。

【0016】

上述の構成からなる導波路型光周波数コム発生器20において、光が導波路202内を往復する時間に同期した電気信号を電極203から導波路型光変調器200へ駆動入力とすることにより、光位相変調器111を1回だけ通過する場合に比べ、数十倍以上の深い位相変調をかけることが可能となる。これにより、バルク型光周波数コム発生器10と同様に、広帯域にわたるサイドバンドを有する光周波数コムを生成することができ、隣接したサイドバンドの周波数間隔は、全て入力された電気信号の周波数fmと同等になる。

【0017】

【特許文献1】特開2003-202609号公報。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0018】

しかしながら、上記従来の導波路型光周波数コム発生器20の変調効率は、導波路202内を伝搬する光の偏光方向に強く依存する。このため、特定の偏光方向の光のみしか変調することができないという問題点があった。

【0019】

また、導波路202内を伝搬させる光の偏光方向を調整するために偏光保存ファイバを配設する必要があるが、労力やコストの負担が過大となるという問題点もあった。

【0020】

そこで本発明は、上述した問題点に鑑みて案出されたものであり、その目的とするところは、入射される光の偏光方向に支配されることなく、変調効率を改善することができる光変調器を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0021】

本発明を適用した光変調器は、上述した問題点を解決するために、入射すべき光を偏光方向に応じて分離する分離手段と、上記分離された各光の偏光方向を同一方向へ制御する

偏光制御手段と、所定の周波数の変調信号を発振する発振手段と、何れか一の端面を介して入射された光を往路方向又は復路方向へ伝搬させる光伝搬手段と、上記端面間に配され、上記発振手段から供給された上記変調信号に応じて上記伝搬する光の位相を変調する光変調手段とを備え、上記光変調手段は、上記往路方向又は復路方向へ伝搬する各光を変調する。

【0022】

本発明を適用した光変調器は、上述した問題点を解決するために、入射すべき光を偏光方向に応じて分離する分離手段と、上記分離された各光の偏光方向を同一方向へ制御する偏光制御手段と、所定の周波数の変調信号を発振する発振手段と、互いに平行な反射鏡から構成され、上記偏光制御手段から互いに異なる角度で何れか一の反射鏡を介して入射された光を往路方向又は復路方向へ伝搬させることにより共振させる共振手段と、上記発振手段から供給された上記変調信号に応じて上記共振手段において共振された光の位相を変調する光変調手段とを備える。

【発明の効果】

【0023】

本発明を適用した光変調器では、仮に光伝搬手段を構成する材料の屈折率や変調効率がある特定の偏光方向に強く依存する場合に、当該偏光方向に応じて光分離手段において分離された各光の偏光方向を同一方向に制御することができる。これにより、供給される光がいかなる偏光成分を有する場合であっても、これに依存することなく高効率な位相変調を実現させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

以下、本発明を実施するための最良の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

【0025】

本発明は、以下に示される偏波無依存の変調システム9に適用される。

【0026】

この変調システム9は、図1に示すように、光変調器8と、光変調器8に対して供給する光を各偏光成分に分離する第1の偏波分離合成カプラ91と、第1の偏波分離合成カプラ91により分離された一の偏光成分につき偏光方向を回転制御する第1の偏波コントローラ93と、光変調器8から出射された一の偏光成分につき偏光方向を回転制御する第2の偏波コントローラ94と、第2の偏波コントローラ94並びに光変調器8から出射された各偏光成分の光を合波して外部へ出力する第2の偏波分離合成カプラ92とを備えている。

【0027】

第1の偏波分離合成カプラ91は、外部から供給された光から、水平方向の直線偏光と、垂直方向の直線偏光とを分離する。この分離された水平方向の直線偏光成分を含む光は、第1の偏波コントローラ93へ供給され、垂直方向の直線偏光成分を含む光は、そのまま光変調器8へ供給されることになる。

【0028】

第1の偏波コントローラ93は、光の偏光成分を水平方向から垂直方向へ回転させ、これを光変調器8へ供給する。これにより、伝搬する光の偏光方向を同一にすることができます。このため、仮に導波路12を構成する材料の屈折率や変調効率がある特定の偏光方向に強く依存する場合に、当該偏光方向に応じて、各光の偏光方向を同一方向に制御することができる。

【0029】

第2の偏波コントローラ94は、光変調器8から出射された光の偏光成分を垂直方向から水平方向へ回転させ、これを第2の偏波分離合成カプラ92へ供給する。第2の偏波分離合成カプラ92において、この水平方向の偏光成分を含む光は、光変調器8の他端側から出射された垂直方向の偏光成分を含む光と合波され、外部へ出射されることになる。

【0030】

光変調器8は、図1,2に示すように、基板11と、基板11上に形成されてなり伝搬する光の位相を変調する導波路12と、変調電界の方向が光の伝搬方向に対して略垂直になるように導波路12の上面に設けられた電極83と、導波路12を介して互いに対向するように設置された第1の端面84並びに第2の端面85と、電極83の一端側に配設され、周波数fmの変調信号を発振する発振器16と、電極83の他端側に配設されてなる移相器18、反射器19とを備えている。

【0031】

基板11は、例えば引き上げ法により育成された3~4インチ径のLiNbO₃やGaAs等の大型結晶をウェハ状に切り出したものである。この切り出した基板11上に導波路12層をエピタキシャル成長させるため、通常、機械研磨や化学研磨等の処理を施す。

【0032】

導波路12は、光を伝搬させるために配されたものであり、導波路12を構成する層の屈折率は、基板等の他層よりも高く設定されている。導波路12に入射した光は、導波路12の境界面で全反射しながら伝搬する。この導波路12は、屈折率が電界に比例して変化するポッケルス効果や、屈折率が電界の自乗に比例して変化するカーポルス効果等の物理現象を利用し、通過する光の変調を行う。

【0033】

電極83は、例えばTiやPt、Au等の金属材料からなり、外部から供給された周波数fmの変調信号を導波路12に駆動入力する。この電極83に対して、発振器16から供給される周波数fmの変調信号により、導波路12内を伝搬する光に位相変調がかけられる。

【0034】

第1の端面84並びに第2の端面85は、導波路12に入射した光を図2に示す往路方向又は復路方向へ伝搬させることにより共振させる。

【0035】

反射器19は、発振器16より発振された変調信号を反射させる。また移相器18は、反射された変調信号の位相を調整する。

【0036】

第1の端面84を介して入射された光は、導波路12を復路方向へ伝搬して第2の端面85を介して出射される。また、第2の端面84を介して入射された光は、導波路12を往路方向へ伝搬して第2の端面85を介して出射される。即ち、この光変調器8は、何れの端面84,85を介して光が入射されてもよく、入射された各光は、上述の如くそれぞれ変調されつつ導波路12内を往路方向又は復路方向へ伝搬し、対向する端面84,85を介して外部へ出射する。このため、この光変調器8は、光が入射する端面に支配されることなく、伝搬する光を効率よく変調することが可能となる。

【0037】

ちなみに、上述した例では、光の位相を変調する場合を例にとり説明をしたが、かかる場合に限定されるものではなく、あらゆる電気光学効果を利用して、光の強度、偏波等を変調するようにしてもよい。また、本発明はマッハツエンダー型の光変調器等に対しても適用可能である。

【0038】

また、この光変調器8は、以下に説明するリング型電気光学変調器に応用することもできる。

【0039】

このリング型電気光学変調器80は図3に示すように、光位相変調器111と、この光位相変調器111を介して互いに対向するように設置された第1のミラー112及び第2のミラー113からなる光共振器110と、変調電界の方向が光の伝搬方向に対して略垂直になるように光位相変調器111の上面と底面に形成された電極115と、上述した各構成要素が組み込まれる温度補償筐体116とを備えている。また、この第1のミラー1

12に対してそれぞれ入出射するための光を伝搬させる光ファイバからなる第1の光路121並びに第2の光路122と、第1の光路121の終端に配設された第1のコリメータ131と、第2の光路122の終端に配設された第2のコリメータ132と、第1の光路121並びに第2の光路122に対してそれぞれ連結されてなる偏波分離合成カプラ141とを備えている。

【0040】

光位相変調器111は、供給される電気信号に基づき通過する光を位相変調する光デバイスである。光位相変調器111は、導波路12と同一の材質として構成してもよい。ちなみに、この光位相変調器111における各側面は、入射された光を全反射するように反射率が制御される。このため、図3に示すように、第1のミラー112を介して斜め方向から入射された光は、それぞれ光位相変調器111の側面により全反射され、また第2のミラー113により反射されるため、あたかも光位相変調器111内でリングを描くような経路をとる。

【0041】

第1のミラー112及び第2のミラー113は、光共振器110に入射した光を共振させるため設けられたものであり、光位相変調器111を通過する光を往復反射させることにより共振させる。

【0042】

第1のミラー112は、光位相変調器111の光入射側に配され、第1のコリメータ131或いは第2のコリメータ132から光が入射される。また、この第2のミラー113を反射して光位相変調器111を通過した一部の光を反射し、また一部の光を外部へ出射する。

【0043】

電極115は、無線信号を送受信するためのアンテナ4が接続されている。この電極115に対して、外部から供給される周波数fmの無線信号により、光位相変調器111内を伝搬する光に位相変調がかけられる。

【0044】

偏波分離合成カプラ141は、光ファイバ通信網440から伝送された光から、水平方向の直線偏光と、垂直方向の直線偏光とを分離し、或いはこれらを合成する。この分離された水平方向の直線偏光成分を含む光は第1の光路121を伝搬し、また垂直方向の直線偏光成分を含む光は、第2の光路122を伝搬する。

【0045】

第1の光路121は、光ファイバを回転させて設置することにより、光の偏光成分を水平方向から垂直方向へ回転させる。これにより、第1の光路121を伝搬する光と、第2の光路122を伝搬する光の偏光方向を同一にすることができる。なお、第2の光路122においても偏光方向を回転できる機能を備えるようにしてもよい。

【0046】

第1のコリメータ131並びに第2のコリメータ132は、それぞれ第1の光路121、第2の光路122を伝搬した光を平行光にして、これを光共振器110を構成する第1のミラー112へ出射する。

【0047】

このようなリング型電気光学変調器80では、光ファイバ通信網440から伝搬されてくる光が先ず偏波分離合成カプラ141に入射される。この入射された光は、様々な偏光成分を含む場合であっても、それぞれ各直線偏光の方向に応じて分離されて第1の光路121、第2の光路122を伝搬することになる。この分離された光は、それぞれ偏光方向を回転制御された後で第1のコリメータ131、第2のコリメータ132を介して平行光として出射される。この出射された各光は、それぞれA方向、B方向から第1のミラー112を通過してそのまま光位相変調器111の側面により全反射されつつ伝搬することになる。そして第2のミラー113を反射した各光は再び第1のミラー112へ戻り、一部は反射し、また一部は第1のミラー112を介して外部へ出射されることになる。

【0048】

即ち、A方向から入射された光は、図3に示すように左回りにリングを描くように光位相変調器111内を伝搬し、第1のミラー112を介してB方向へ出射される。そしてこのB方向から出射された光は、第2のコリメータ132を介して第2の光路を伝搬し、偏波分離合成カプラ141へ戻る。同様に、B方向から入射された光は右回りにリングを描くように伝搬し、第1のミラー112を介してA方向へ出射される。そして、このA方向から出射された光は、第2のコリメータ132を介して第2の光路を伝搬し、偏波分離合成カプラ141へ戻る。ちなみに、偏波分離合成カプラ141へ戻った各光は、互いに合成されて再び光ファイバ通信網440へ送信されることになる。

【0049】

このようなリング型電気光学変調器80では、仮に光位相変調器111を構成する材料の屈折率や変調効率がある特定の偏光方向に強く依存する場合に、当該偏光方向に応じて、偏波分離合成カプラ141において分離された各光の偏光方向を同一方向に制御することができる。これにより、供給される光がいかなる偏光成分を有する場合であっても、これに依存することなく高効率な位相変調を実現させることができる。

【0050】

また、光ファイバ通信網440に配設される光ファイバが偏光保存ファイバでなくても、これを偏光方向を制御しつつ高効率な位相変調を施すことができる。このため、各基地局12へ搭載する光変調器81として、このリング型電気光学変調器80を用いることにより、システム全体の汎用性を高めることも可能となる。

【0051】

なお、このリング型電気光学変調器80の温度補償筐体116における材質や構造を、光位相変調器111を構成する結晶の熱膨張率、熱屈折率の変化を補償できるようにしてよい。これにより、基地局12が設置される温度環境等を除去した高精度な変調を実現することができる。

【0052】

また、この光変調器8は、以下に説明するリング型電気光学変調器89にも応用することもできる。

【0053】

このリング型電気光学変調器89は、図4に示すように、光位相変調器111と、この光位相変調器111を介して互いに対向するように設置された第1のミラー112及び第2のミラー113からなる光共振器110と、変調電界の方向が光の伝搬方向に対して略垂直になるように光位相変調器111の上面と底面に形成された電極115と、上述した各構成要素が組み込まれる温度補償筐体116とを備えている。またリング型電気光学変調器89は、この第1のミラー112に対してそれぞれ入射するための光を伝搬させる光ファイバからなる第1の光路121並びに第2の光路122と、第1の光路121の終端に配設された第1のコリメータ131と、第2の光路122の終端に配設された第2のコリメータ132と、第1の光路121並びに第2の光路122に対してそれぞれ連結されてなる偏波分離合成カプラ141とを備えている。またリング型電気光学変調器89は、この第2のミラー113からそれぞれ出射される光を伝搬させる光ファイバからなる第3の光路123並びに第4の光路124と、第3の光路123の終端に配設された第3のコリメータ133と、第4の光路124の終端に配設された第4のコリメータ134と、第3の光路123並びに第4の光路124に対してそれぞれ連結されてなる偏波分離合成カプラ142とを備えている。

【0054】

なお、この図4に示すリング型電気光学変調器89においてリング型電気光学変調器80と同一の構成については、同一の番号を付することにより説明を省略する。

【0055】

偏波分離合成カプラ142は、第3の光路123、第4の光路124を伝搬する光を合成する。

【0056】

第3の光路123は、光ファイバを回転させて設置することにより、光の偏光成分を水平方向から垂直方向へ回転させる。これにより、第3の光路123を伝搬する光と、第4の光路124を伝搬する光の偏光方向を直交させることができる。なお、第4の光路124においても偏光方向を回転できる機能を備えるようにしてもよい。さらに、第1の光路121、第2の光路122においては、必要に応じてアイソレータを挿入するようにしてもよい。

【0057】

第3のコリメータ133並びに第4のコリメータ134は、第2のミラー113から出射される光を、それぞれ第3の光路123、第4の光路124を構成する光ファイバへ結合させる。

【0058】

図5は、このリング型電気光学変調器89の斜視図である。第1のミラー112並びに第2のミラー113は、この図5に示すように、光位相変調器111の端面に直接取り付けられる場合のみならず、外付けの鏡を利用するようにしてもよい。また、この光位相変調器111を構成する結晶側面は、全反射面となっており、上下に設けられた電極115により周回する光を変調することになる。なお、第1のコリメータ131と第3のコリメータ133、又は第2のコリメータ132と第4のコリメータ134のうち何れかを撤去すると通常の光周波数コム発生器として動作することになる。

【0059】

ちなみに、このリング型電気光学変調器89では、上述した図3、図4の如く光位相変調器111の上下に設けられた電極115が設けられている側面をリングを描くように反射させる場合に限定されるものではなく、図5に示すように水平方向から互いに異なる角度で入射された光につき、横方向の側面をリングを描くように反射させるようにしてもよい。リング型電気光学変調器89を実際の通信デバイスとして適用する場合には、むしろこの図5に示す形態の方が一般的であり、実用性の観点において優れているといえる。

【0060】

このようなリング型電気光学変調器89では、光ファイバ通信網440から伝搬されてくる光が先ず偏波分離合成カプラ141に入射される。この入射された光は、様々な偏光成分を含む場合であっても、それぞれ各直線偏光の方向に応じて分離されて第1の光路121、第2の光路122を伝搬することになる。この分離された光は、それぞれ偏光方向を回転制御された後で第1のコリメータ131、第2のコリメータ132を介して平行光として出射される。この出射された各光は、それぞれA方向、B方向から第1のミラー112を通過してそのまま光位相変調器111の側面により全反射されつつ伝搬することになる。そして第2のミラー113を出射した光は、第3のコリメータ133並びに第4のコリメータ134を経て、それぞれ第3の光路123、第4の光路124へ出射される。第3の光路123を伝搬する光は、偏光方向につき調整された上で、偏波分離合成カプラ142へ到達する。ちなみに、偏波分離合成カプラ141へ戻った各光は、互いに合成されて再び光ファイバ通信網440へ送信されることになる。

【0061】

ちなみに、本発明を適用したリング型電気光学変調器80は上述した実施の形態に限定されるものではなく、例えば、複屈折素子と用いて各偏波成分を分離する図4に示すリング型電気光学変調器90に適用してもよい。なお、この図6に示すリング型光電気光学変調器90においてリング型電気光学変調器80と同一の構成については、同一の符号を付して説明を省略する。

【0062】

このリング型電気光学変調器90は、光位相変調器111と、この光位相変調器111を介して互いに対向するように設置された第1のミラー212及び第2のミラー213からなる光共振器210と、変調電界の方向が光の伝搬方向に対して略垂直になるように光位相変調器111の上面と底面に形成された電極115とを備えている。またリング型電

気光学変調器90は、光ファイバ通信網440からの光を平行光にするコリメータレンズ231と、コリメータレンズ231から出射された光を各偏光成分に応じて分離する複屈折素子241と、複屈折素子241において分離された一の偏光成分を有する光の光路（以下、第1の光路221という。）上に配設された1/2波長板232と、上記第1の光路221並びに複屈折素子241において分離された他の一の偏光成分を有する光の光路（以下、第2の光路222という。）上に設けられた平凸レンズ233とを備えている。

【0063】

第1のミラー212及び第2のミラー213は、光共振器210に入射した光を共振させるため設けられたものであり、光位相変調器111を通過する光を往復反射させることにより共振させる。

【0064】

第1のミラー212は、光位相変調器111の光入射側に配され、平凸レンズ233から光が入射される。また第2のミラー213は、平凸レンズ233により集束光とされた光を再び平行光とすべく、いわゆる凹面鏡として構成される。

【0065】

複屈折素子241は、偏光方向によって屈折率が変化する複屈折を利用して、コリメータレンズ231により平行光とされた光から、水平方向の直線偏光と垂直方向の直線偏光とを分離する。この分離された水平方向の直線偏光成分を含む光は第1の光路221を伝搬し、また垂直方向の直線偏光成分を含む光は、第2の光路222を伝搬する。

【0066】

1/2波長板232は、高速軸が光の偏光方向から45°傾いた状態となるように、第1の光路221上に配設される。これにより、光の偏光成分を水平方向から垂直方向へ回転させることができ、第1の光路221を伝搬する光と、第2の光路222を伝搬する光の偏光方向を同一にすることができる。なお、第2の光路222においても偏光方向を回転できる機能を備えるようにしてもよい。

【0067】

このようなリング型電気光学変調器90では、光ファイバ通信網440から伝搬される光がコリメータレンズ231を介して複屈折素子241に入射される。この入射された光は、様々な偏光成分を含む場合であっても、それぞれ各直線偏光の方向に応じて第1の光路221、第2の光路222に分離される。このうち第1の光路221へ分離された光は、1/2波長板232を通過することにより、偏光方向を回転制御され、第2の光路222を伝搬する光とともに、平凸レンズ233により集束光とされ、互いに異なる方向（A方向、B方向）から光位相変調器111へ入射されることになる。

【0068】

A方向から入射された光は、図6に示すように右回りにリングを描くように光位相変調器111内を伝搬し、第1のミラー212を介してB方向へ出射され、平凸レンズ233を通過した上で複屈折素子241へ戻る。同様にB方向から入射された光は、左回りにリングを描くように伝搬し、第1のミラー212を介してA方向へ出射され、さらに1/2波長板232を介して複屈折素子241へ戻る。

【0069】

このようなリング型電気光学変調器90においても、光ファイバ通信網440を伝搬してきた光がいかなる偏光成分を有する場合であっても、これに依存することなく高効率な位相変調を実現させることができる。

【0070】

なお、このリング型電気光学変調器90においても上述の如き温度補償筐体116に各構成要素を組み込むようにしてもよい。

【0071】

また、本発明を適用したリング型電気光学変調器80では、さらに図7に示す構成に光位相変調器111を配設するようにしてもよい。

【0072】

この図7に示す構成では、第1の光路121から光共振器110並びに光位相変調器111を経て、第2の光路122へと連結する、いわゆるループ状の構成とされている。これにより、第1の光路121における終端近傍に上記第1のミラー112が、また第2の光路122における終端近傍に上記第2のミラー113が配設される構成となる。

【0073】

偏波分離合成カプラ141において分離された水平方向の直線偏光成分を含む光は第1の光路121を伝搬し、第1のミラー112を介して光位相変調器111へ入射されて変調された後、第2の光路122を経て偏光保存カプラ141へ戻ることになる。偏波分離合成カプラ141において分離された垂直方向の直線偏光成分を含む光は第2の光路122を伝搬し、第2のミラー113を介して光位相変調器111へ入射されて変調された後、第1の光路121を経て、偏光保存カプラ141へ戻ることになる。ちなみに、第1の光路121及び第2の光路122から偏光保存カプラ141へ戻ってきた光間において同期をとりつつ合波すべく、第1の経路121と第2の経路122の距離は同一とする。

【0074】

即ち、この図7に示す構成においては、光位相変調器111への光の入力、出力を異なる光経路121, 122を介して実現することができる。また、この構成では、光の入出力を光経路121, 122間において入れ換える、同様な位相変調を施すことが可能となる。

【0075】

また、本発明を適用したリング型電気光学変調器80は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、例えば図8に示すような共振器内部にファラデーローテータを設けたリング型電気光学変調器10を適用してもよい。このリング型電気光学変調器10において、上述したリング型電気光学変調器80と同一の構成要素、部材については、同一の番号を付して説明を省略する。

【0076】

このリング型電気光学変調器10は、光位相変調器111と、この光位相変調器111を介して互いに対向するように設置された第1のミラー112及び第2のミラー113からなる光共振器110と、変調電界の方向が光の伝搬方向に対して略垂直になるように光位相変調器111の上面と底面に形成された図示しない電極とを備えている。またリング型電気光学変調器10は、第1のミラー112と光位相変調器111との間に配された45°偏光回転の第1のファラデーローテータ321と、第2のミラー113と光位相変調器111との間に配された第2のファラデーローテータ322を備えている。

【0077】

第1のミラー112は、任意の偏光成分が入射される。第1のミラー112は、この入射された光の一部を反射し、また一部を通過させる。

【0078】

第1のファラデーローテータ321は、第1のミラー112を通過した光の偏光方向を-45°回転させてこれを光位相変調器111へ出射させる。またこの第1のファラデーローテータ321は、光位相変調器111からの光につき偏光方向を更に-45°回転させてこれを第1のミラー112へ出射させる。

【0079】

第2のファラデーローテータ322は、光位相変調器111を通過した光の偏光方向を-45°回転させてこれを第2のミラー113へ出射させる。また、この第2のファラデーローテータ322は、第2のミラー113からの光につき偏光方向を-45°回転させてこれを光位相変調器111へ出射させる。

【0080】

即ち、このリング型電気光学変調器10では、図8(a)に示すように垂直方向から45°ずれた偏光成分(以下、45°偏光という。)の光が供給された場合に、これを第1のファラデーローテータ321により-45°回転させてその偏光方向を垂直方向にする。この垂直方向の偏光成分からなる光は、そのまま光位相変調器111内を通過した後、第

2のファラデーローテータ322によりその偏光方向につき-45°回転させられて垂直方向から-45°ずれた偏光成分（以下、-45°偏光という）となる。この-45°偏光の光は、第2のミラー113より反射された後、再び第2のファラデーローテータ322よりその偏光方向につき-45°回転させられ、水平方向の偏光成分となる。この水平方向の偏光成分からなる光は、そのまま光位相変調器111内を通過した後、再び第1のファラデーローテータ321により偏光方向につき-45°回転させられて45°偏光となり、第1のミラー112を介して出射されることになる。

【0081】

同様に、このリング型電気光学変調器10では、図8 (b)に示すように-45°偏光の光が供給された場合に、これを第1のファラデーローテータ321により-45°回転させてその偏光方向を水平方向にする。この水平方向の偏光成分からなる光は、そのまま光位相変調器111内を通過した後、第2のファラデーローテータ322によりその偏光方向につき-45°回転させられて45°偏光となる。この45°偏光の光は、第2のミラー113より反射された後、再び第2のファラデーローテータ322よりその偏光方向につき-45°回転させられ、垂直方向の偏光成分となる。この垂直方向の偏光成分からなる光は、そのまま光位相変調器111内を通過した後、再び第1のファラデーローテータ321により偏光方向につき-45°回転させられて-45°偏光となり、第1のミラー112を介して出射されることになる。

【0082】

このように、リング型電気光学変調器10では、光位相変調器111の前後にファラデーローテータ321, 322を配設することにより、当該光位相変調器111内に直交する二つの偏光成分のみを伝搬させることができる。この直交する二つの偏光成分における偏光方向は、光位相変調器111における伝搬方向に応じて互いに異なるが、それぞれ同一の伝搬経路、光学距離をとる。このため、直交する二つの偏光成分を有する各光に対して、光共振器110自体が縮退している事になる。かかる場合には、入射される光の偏光方向に支配されることなく、高効率な位相変調が可能となる。

【0083】

さらに、本発明では、上述したリング型電気光学変調器10に限定されるものではなく、図9に示すように光共振器110内部に1/4波長板を設置したリング型電気光学変調器300に適用するようにしてもよい。

【0084】

このリング型電気光学変調器300は、光位相変調器111と、光共振器110とを備え、更に第1のミラー312と光位相変調器111との間に配された1/4波長板331と、第2のミラー113と光位相変調器111との間に配された1/4波長板332とを備えている。

【0085】

1/4波長板331, 332は、通過する光が垂直、水平方向の偏光成分を有する場合に、それぞれに対して $\pi/2$ の位相差を与えるものである。

【0086】

即ち、このリング型電気光学変調器300では、右回りの円偏光（以下、右回り円偏光という。）の光が供給された場合に、これを1/4波長板331により垂直方向の直線偏光とする。この垂直方向の偏光成分からなる光は、そのまま光位相変調器111内を通過した後、1/4波長板332により左回りの円偏光（以下、左回り円偏光という。）とされる。そして、この左回りの円偏光の光は、第2のミラー113より反射された後、1/4波長板322より水平方向の直線偏光とされ、そのまま光位相変調器111内を通過し、更に1/4波長板により再び右回り円偏光とされて第1のミラー112を介して出射されることになる。

【0087】

また、このリング型電気光学変調器300では、左回り円偏光の光が供給された場合に、これを1/4波長板331により水平方向の直線偏光とする。この水平方向の偏光成分

からなる光は、そのまま光位相変調器111内を通過した後、1/4波長板332により右回り円偏光とされる。そして、この右回りの円偏光の光は、第2のミラー113より反射された後、1/4波長板322より垂直方向の直線偏光とされ、そのまま光位相変調器111内を通過し、更に1/4波長板により再び左回り円偏光とされて第1のミラー112を介して出射されることになる。

【0088】

このように、リング型電気光学変調器300では、光位相変調器111の前後に1/4波長板331, 332を配設することにより、当該光位相変調器111内に直交する二つの偏光成分のみを伝搬させることができる。この直交する二つの偏光成分における偏光方向は、光位相変調器111における伝搬方向に応じて互いに異なるが、それぞれ同一の伝搬経路、光学距離をとる。このため、直交する二つの偏光成分を有する各光に対して、光共振器110自体が縮退している事になる。かかる場合には、入射される光の偏光方向に支配されることなく、高効率な位相変調が可能となる。

【0089】

特にこのリング型電気光学変調器10, 300を、供給される光の偏光成分に応じて使い分けることにより、直線偏光の偏光方向や円偏光の向きの如何に関わらず、当該光位相変調器111内に直交する二つの偏光成分のみを伝搬させることができ、変調の高効率化を促進させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0090】

【図1】偏波無依存の変調システムにつき、説明するための図である。

【図2】光変調器の詳細について説明するための図である。

【図3】リング型電気光学変調器の構成について示す図である。

【図4】リング型電気光学変調器の他の構成について示す図である。

【図5】リング型電気光学変調器の斜視図である。

【図6】リング型電気光学変調器の他の構成について示す図である。

【図7】レーザ光の入力、出力を異なる光経路を介して実現するリング型電気光学変調器の構成について示す図である。

【図8】共振器内部に複屈折素子を設けたリング型電気光学変調器につき示す図である。

【図9】光共振器内部に1/4波長板を設置したリング型電気光学変調器の構成について示す図である。

【図10】従来における光周波数コム発生器の原理的な構造を示す図である。

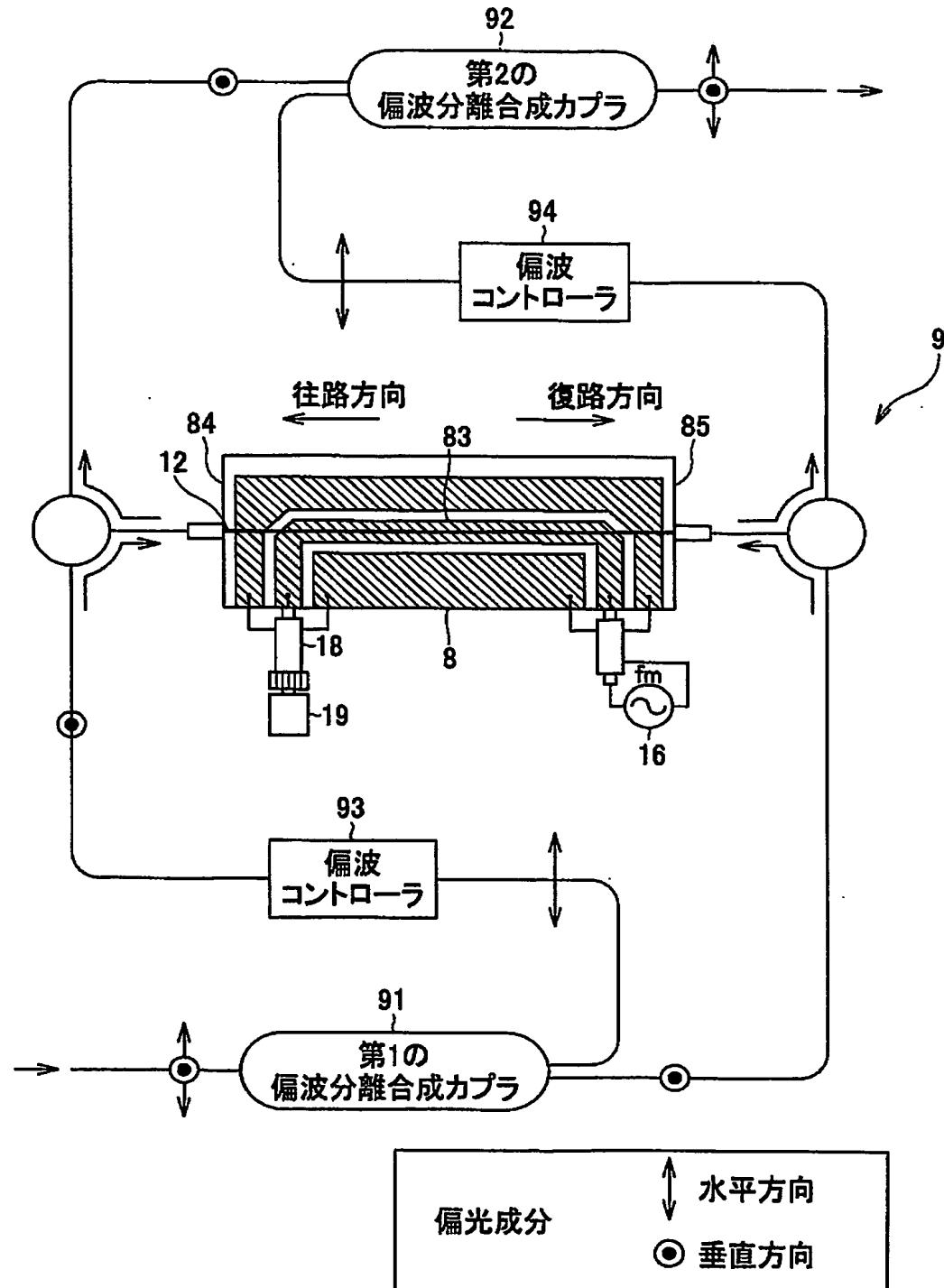
【図11】従来における導波路型光周波数コム発生器の原理的な構造を示す図である。

【符号の説明】

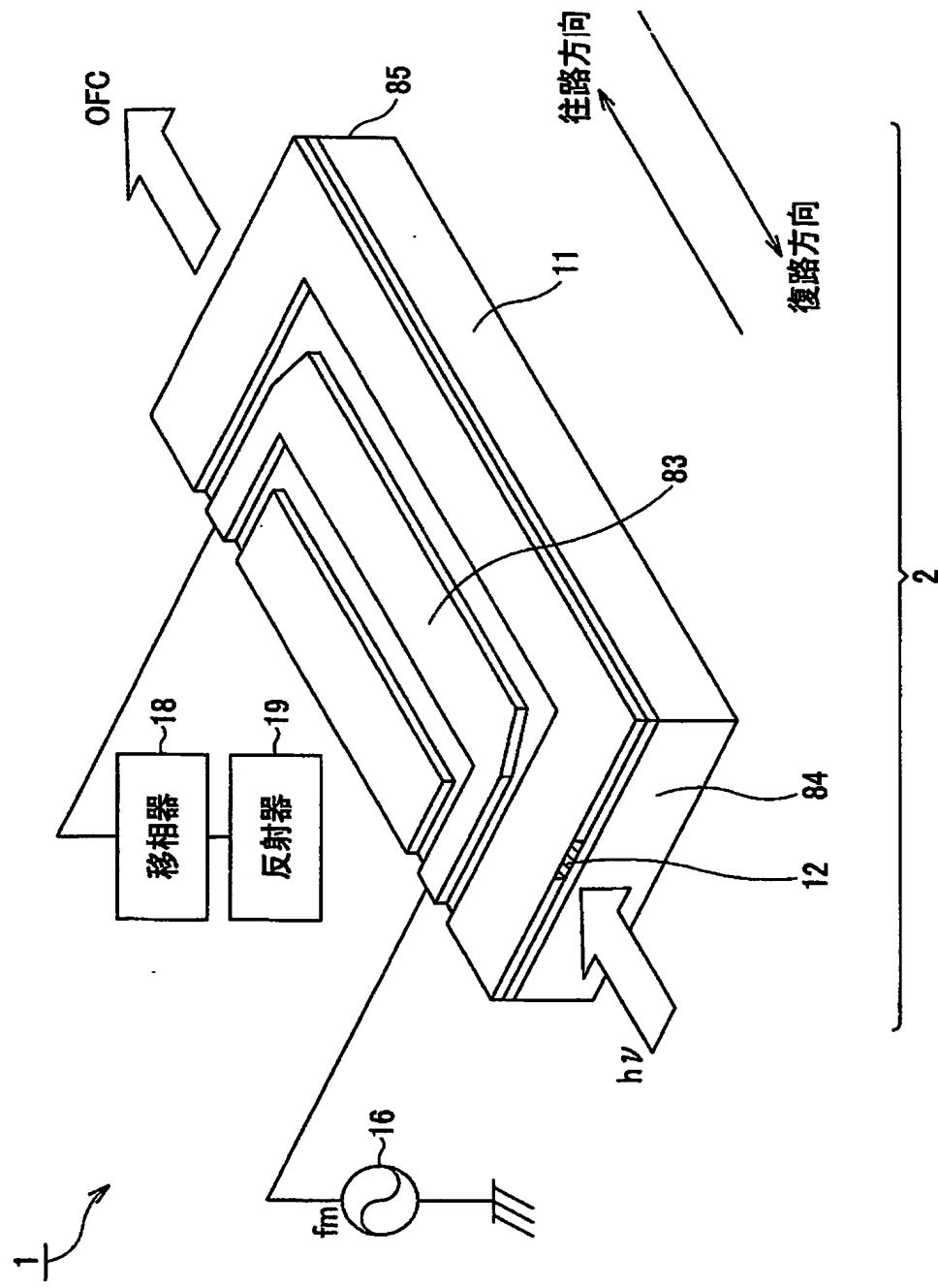
【0091】

8 光変調器、91 第1の偏波分離合成カプラ、92 第2の偏波分離合成カプラ、
93 第1の偏波コントローラ、94 第2の偏波コントローラ、11 基板、12 導
波路、83 電極、84 第1の端面、85 第2の端面、16 発振器、18 移相器
、19 反射器

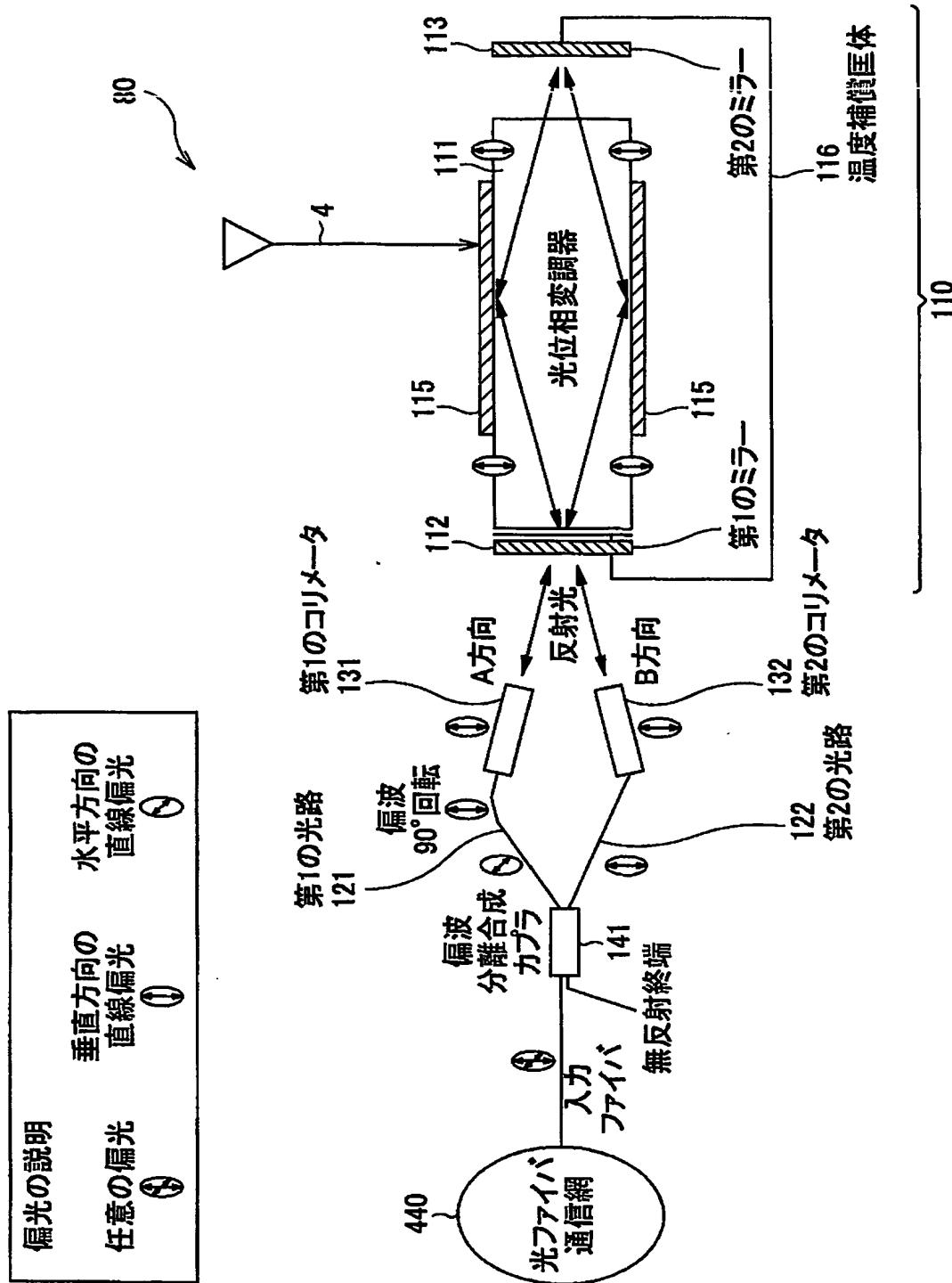
【書類名】図面
【図 1】



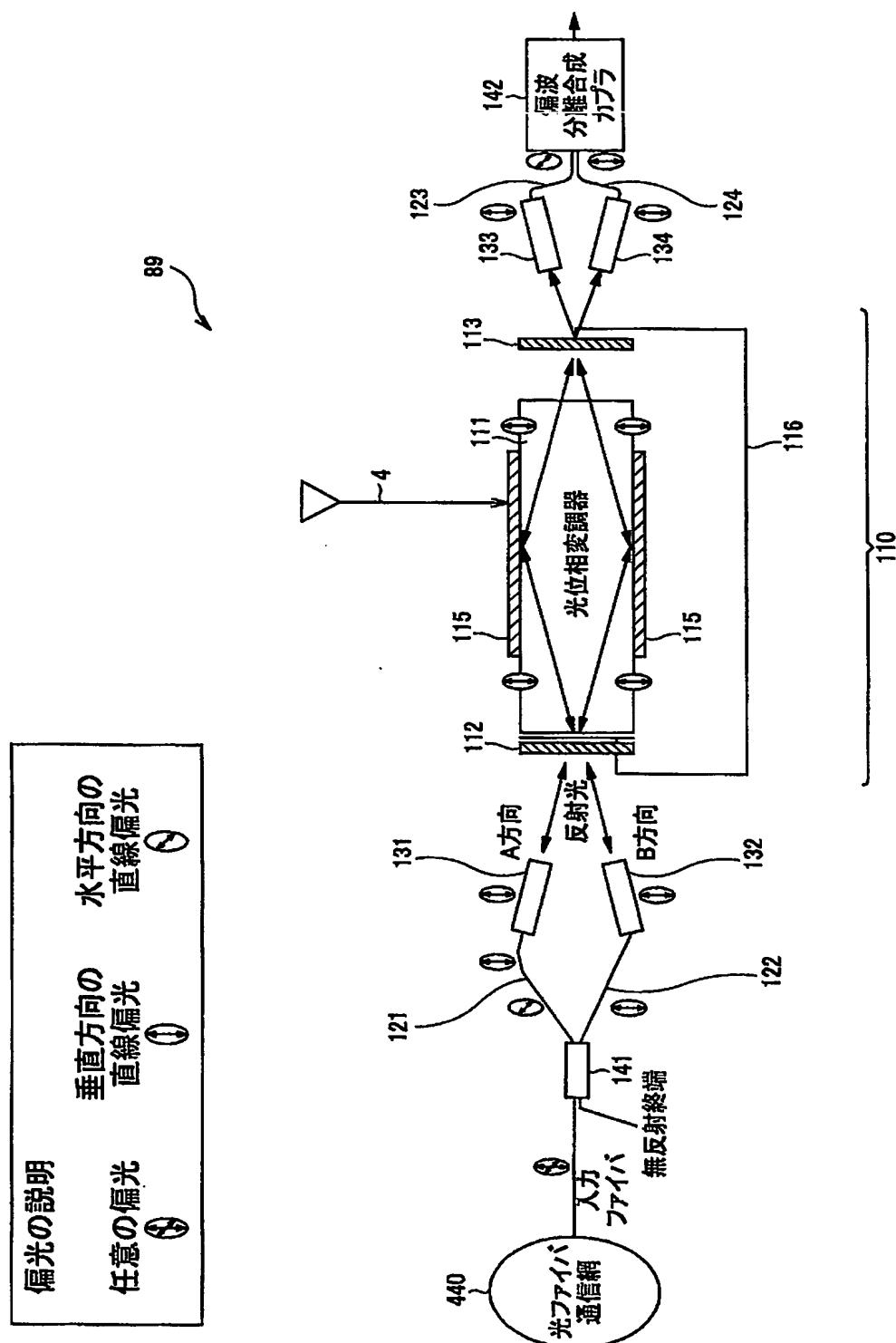
【図2】



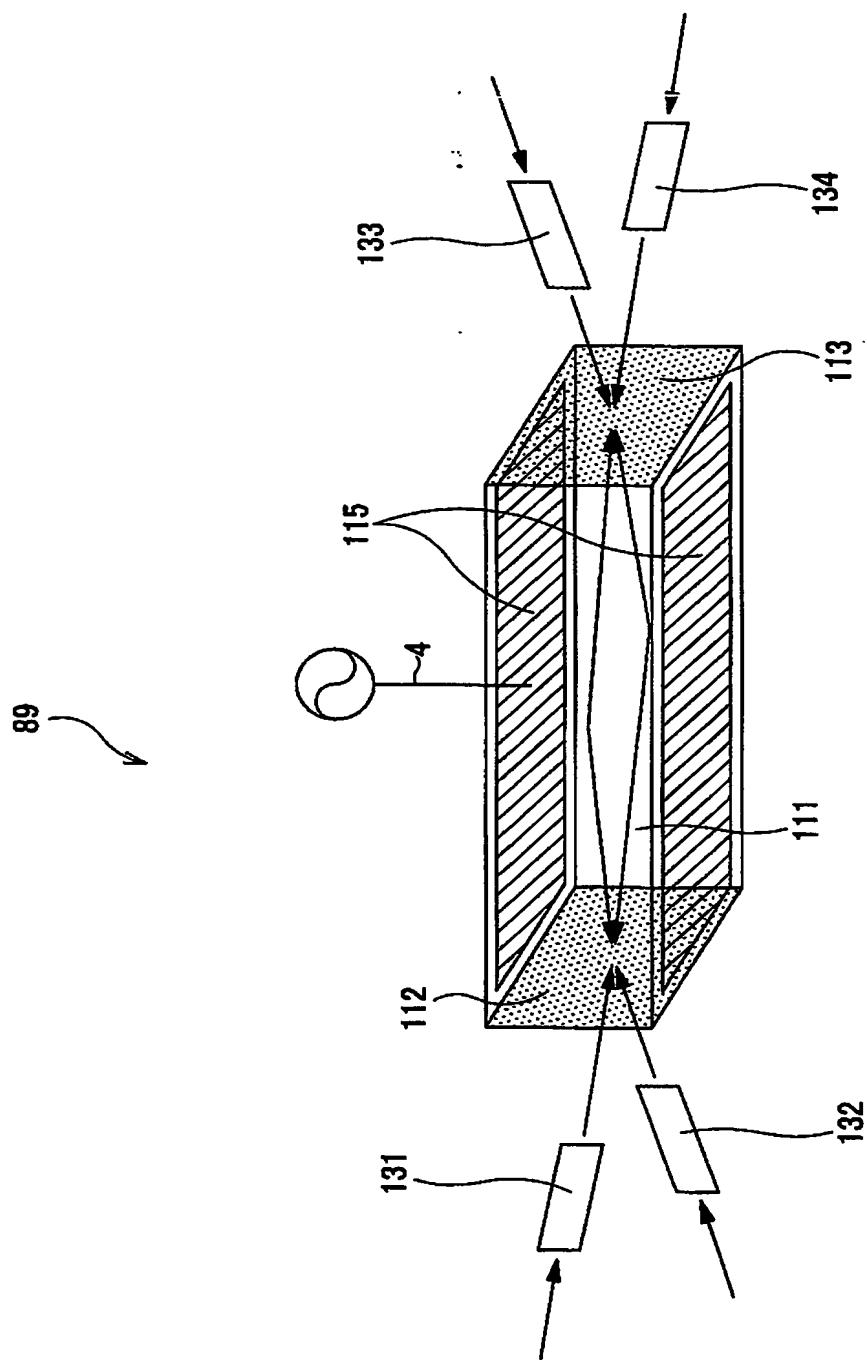
【図3】



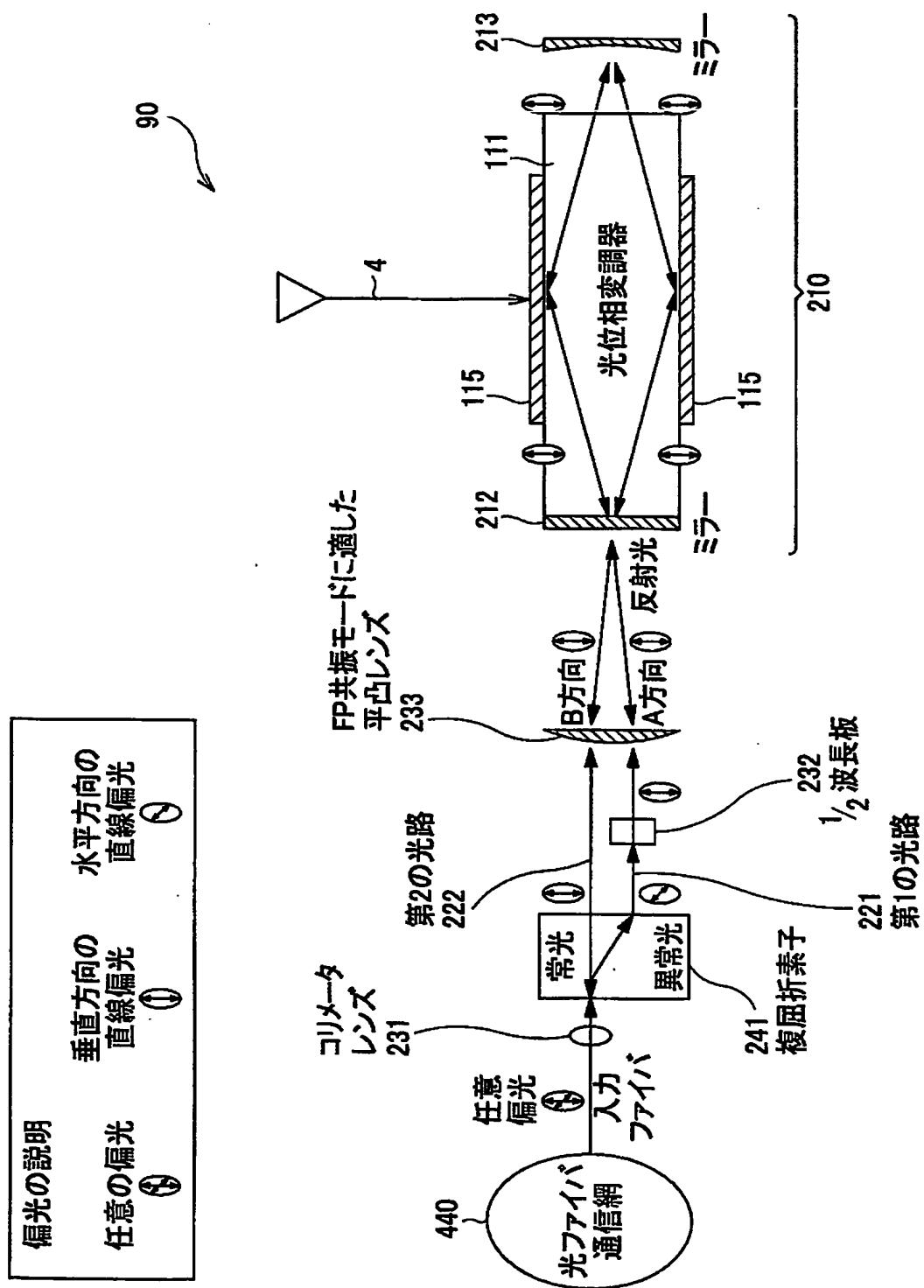
【図4】



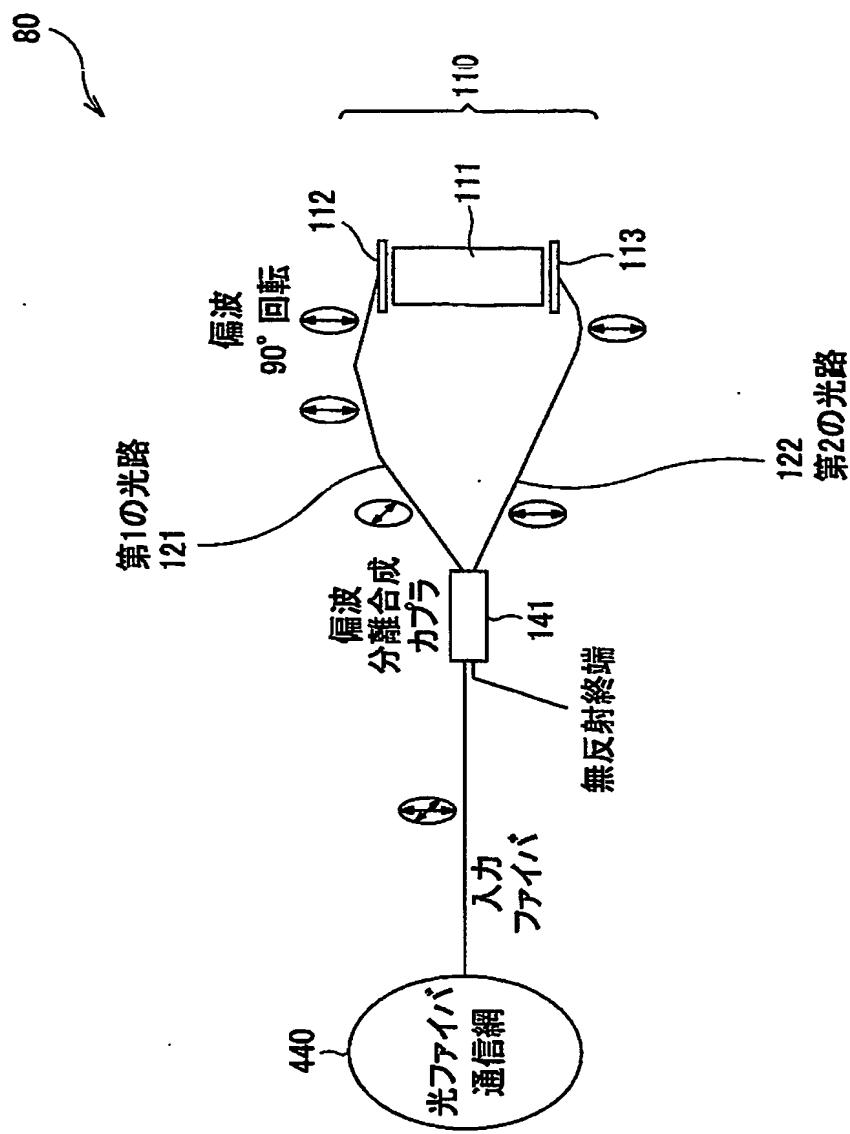
【図5】



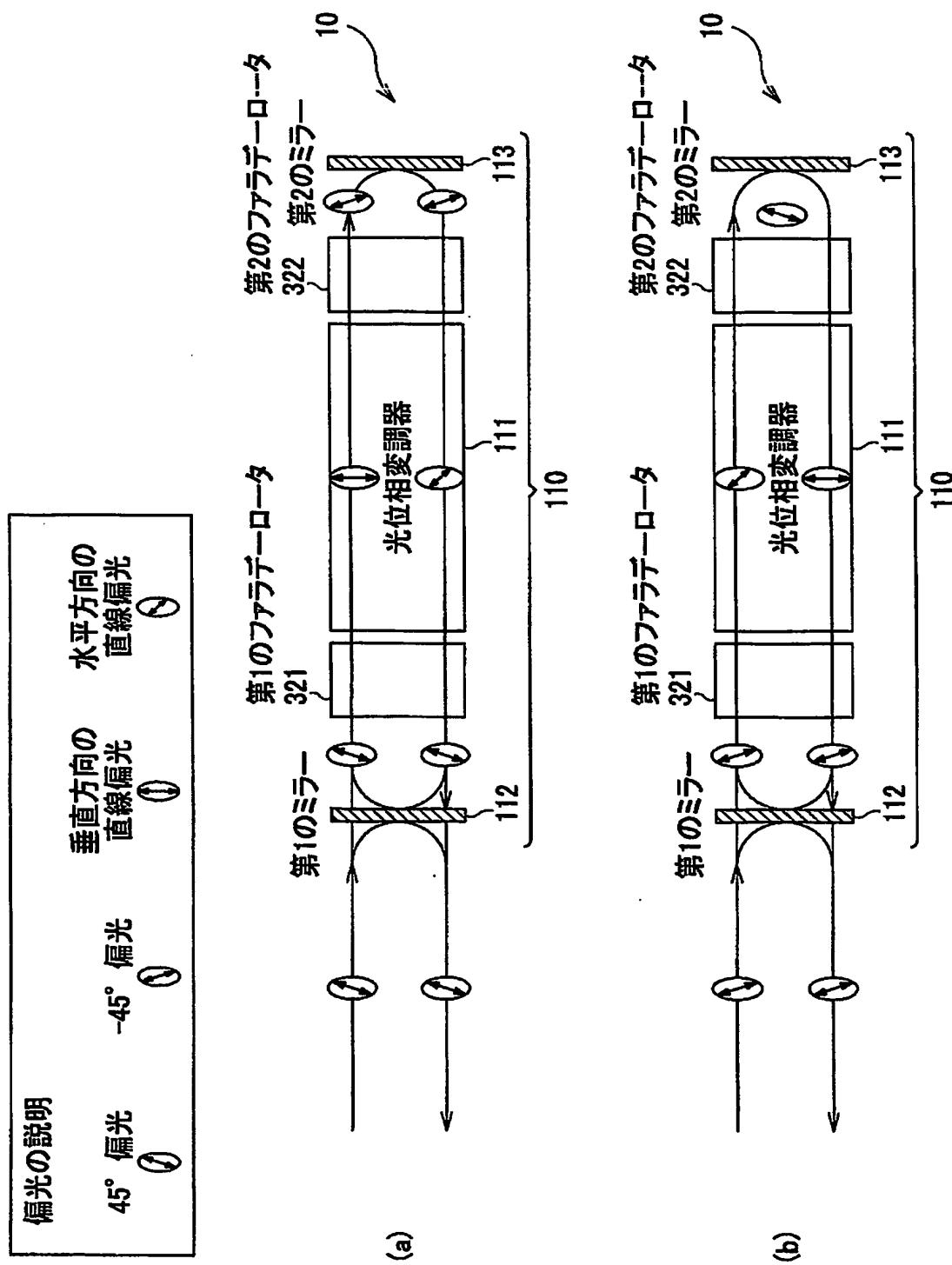
【図 6】



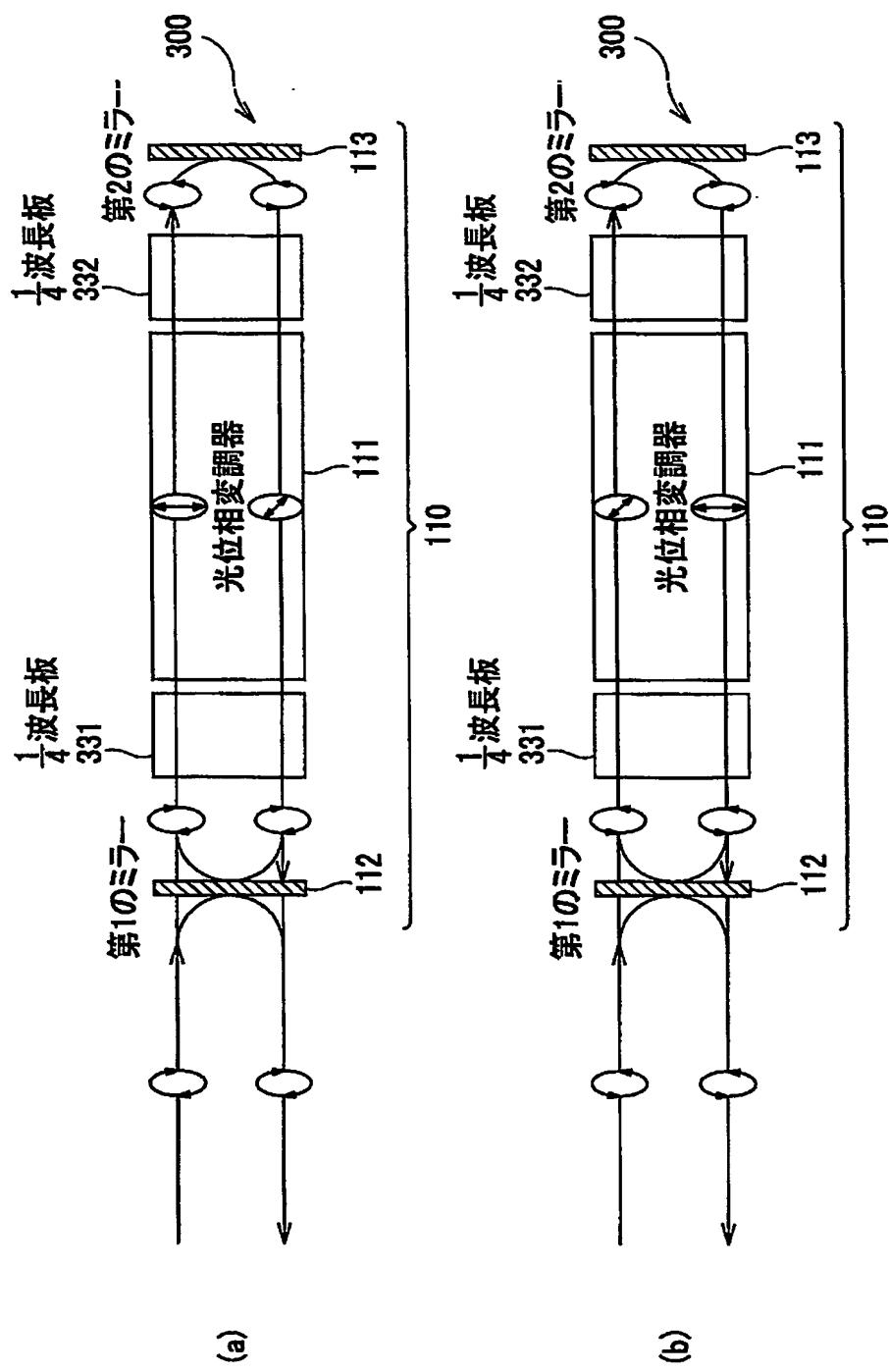
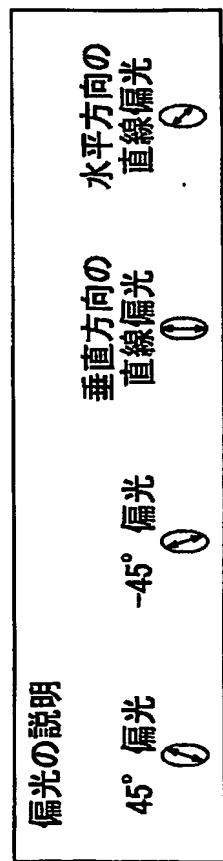
【図7】



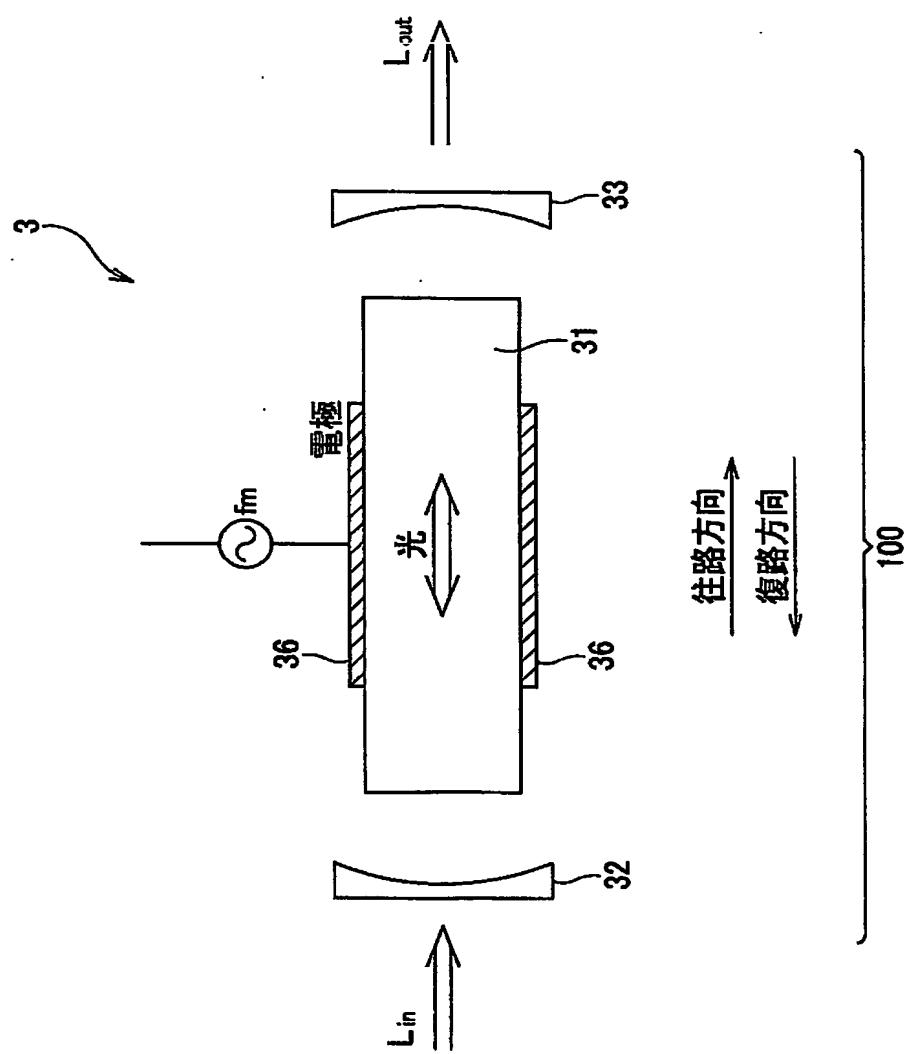
【図8】



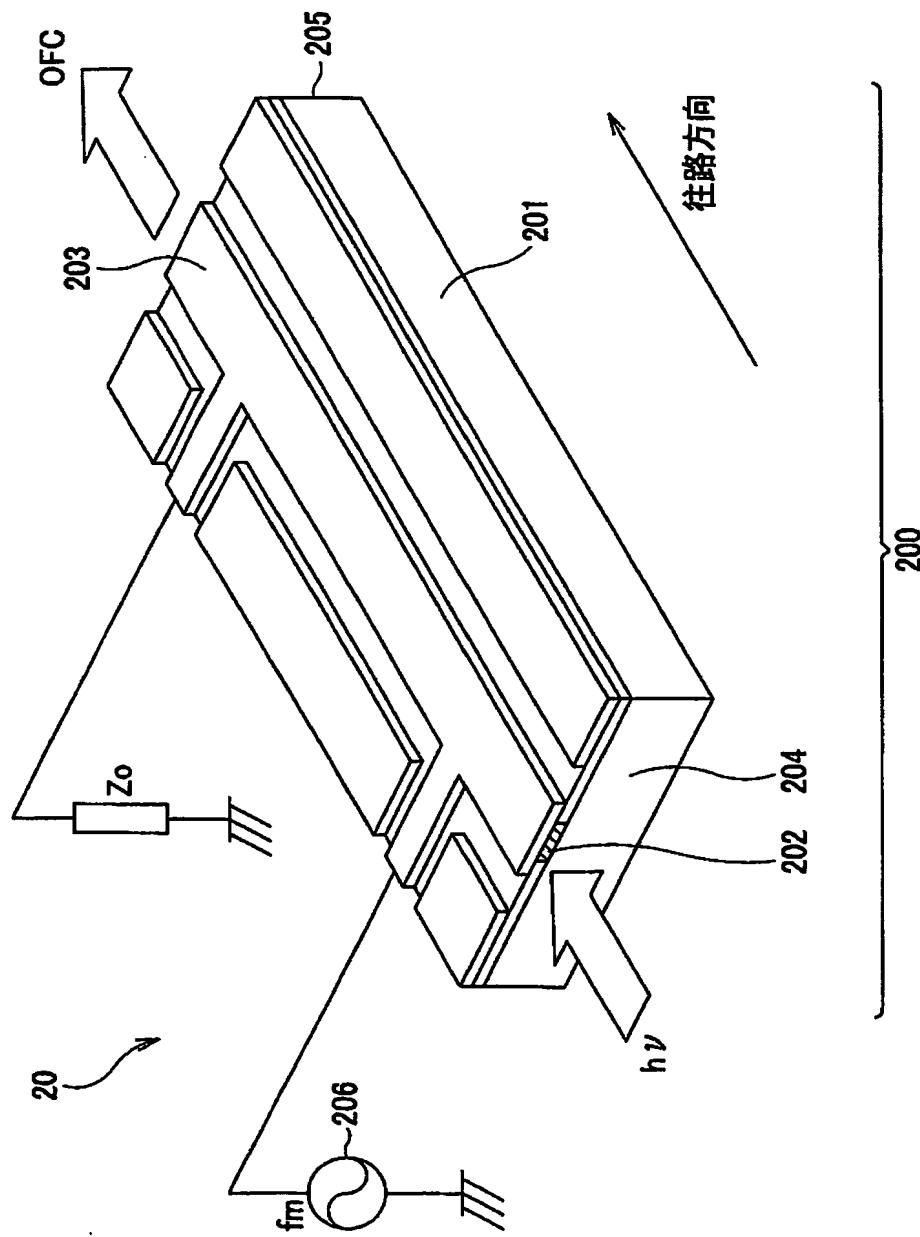
【図9】



【図10】



【図11】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 入射される光の偏光方向に支配されることなく、変調効率を改善する。

【解決手段】 入射すべき光を偏光方向に応じて分離する偏波分離合成功91と、上記分離された各光の偏光方向を同一方向へ制御する偏波コントローラ93と、所定の周波数の変調信号を発振する発振器16と、何れか一の端面84, 85を介して入射された光を往路方向又は復路方向へ伝搬させる導波路12と、上記端面84, 85間に配され、発振器16から供給された変調信号に応じて伝搬する光の位相を変調する光変調器8とを備えてなり、光変調器8は、上記往路方向又は復路方向へ伝搬する各光を変調する。

【選択図】 図1

【書類名】 出願人名義変更届
【提出日】 平成16年 2月16日
【あて先】 特許庁長官 殿
【事件の表示】
 【出願番号】 特願2003-385449
【承継人】
 【識別番号】 503360115
 【氏名又は名称】 独立行政法人科学技術振興機構
【承継人代理人】
 【識別番号】 100067736
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 小池 晃
【承継人代理人】
 【識別番号】 100086335
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 田村 篤一
【承継人代理人】
 【識別番号】 100096677
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 伊賀 誠司
【承継人代理人】
 【識別番号】 100106781
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 藤井 稔也
【承継人代理人】
 【識別番号】 100113424
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 野口 信博
【承継人代理人】
 【識別番号】 100116126
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 山口 茂
【承継人代理人】
 【識別番号】 100120868
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 安彦 元
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 019530
 【納付金額】 4,200円

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-385449
受付番号	50400243886
書類名	出願人名義変更届
担当官	滝澤 茂世 7299
作成日	平成16年 4月20日

<認定情報・付加情報>

【承継人】

【識別番号】	503360115
【住所又は居所】	埼玉県川口市本町4丁目1番8号
【氏名又は名称】	独立行政法人 科学技術振興機構
【承継人代理人】	申請人
【識別番号】	100067736
【住所又は居所】	東京都千代田区内幸町1丁目1番7号 大和生命 ビル11階 小池国際特許事務所
【氏名又は名称】	小池 晃
【承継人代理人】	
【識別番号】	100086335
【住所又は居所】	東京都千代田区内幸町1丁目1番7号 大和生命 ビル11階 小池国際特許事務所
【氏名又は名称】	田村 榮一
【承継人代理人】	
【識別番号】	100096677
【住所又は居所】	東京都千代田区内幸町1丁目1番7号 大和生命 ビル11階 小池国際特許事務所
【氏名又は名称】	伊賀 誠司
【承継人代理人】	
【識別番号】	100106781
【住所又は居所】	東京都千代田区内幸町1丁目1番7号 大和生命 ビル 小池国際特許事務所
【氏名又は名称】	藤井 稔也
【承継人代理人】	
【識別番号】	100113424
【住所又は居所】	東京都千代田区内幸町1丁目1番7号 大和生命 ビル 小池国際特許事務所
【氏名又は名称】	野口 信博

【承継人代理人】

【識別番号】 100116126

【住所又は居所】 東京都千代田区内幸町1丁目1番7号 大和生命
ビル 小池国際特許事務所

【氏名又は名称】 山口 茂

【承継人代理人】

【識別番号】 100120868

【住所又は居所】 東京都千代田区内幸町1丁目1番7号 大和生命
ビル 小池国際特許事務所

【氏名又は名称】 安彦 元

【書類名】 出願人名義変更届
【提出日】 平成16年10月18日
【あて先】 特許庁長官 小川 洋 殿
【事件の表示】
【出願番号】 特願2003-385449
【承継人】
【識別番号】 503249810
【氏名又は名称】 株式会社光コム研究所
【承継人代理人】
【識別番号】 100067736
【弁理士】
【氏名又は名称】 小池 晃
【承継人代理人】
【識別番号】 100086335
【弁理士】
【氏名又は名称】 田村 繁一
【承継人代理人】
【識別番号】 100096677
【弁理士】
【氏名又は名称】 伊賀 誠司
【承継人代理人】
【識別番号】 100106781
【弁理士】
【氏名又は名称】 藤井 稔也
【承継人代理人】
【識別番号】 100113424
【弁理士】
【氏名又は名称】 野口 信博
【承継人代理人】
【識別番号】 100116126
【弁理士】
【氏名又は名称】 山口 茂
【譲渡人】
【識別番号】 503360115
【氏名又は名称】 独立行政法人科学技術振興機構
【譲渡人代理人】
【識別番号】 100067736
【弁理士】
【氏名又は名称】 小池 晃
【譲渡人代理人】
【識別番号】 100086335
【弁理士】
【氏名又は名称】 田村 繁一
【譲渡人代理人】
【識別番号】 100096677
【弁理士】
【氏名又は名称】 伊賀 誠司

【譲渡人代理人】

【識別番号】 100106781
【弁理士】
【氏名又は名称】 藤井 稔也

【譲渡人代理人】

【識別番号】 100113424
【弁理士】
【氏名又は名称】 野口 信博

【譲渡人代理人】

【識別番号】 100116126
【弁理士】
【氏名又は名称】 山口 茂

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019530
【納付金額】 4,200円

【提出物件の目録】

【物件名】 譲渡証書 1

【援用の表示】 同日付提出の特願 2003-385450 の出願人名義変更届に添付のものを援用する。

【物件名】 委任状 1

【援用の表示】 同日付提出の特願 2003-385450 の出願人名義変更届に添付のものを援用する。

【包括委任状番号】 0314016

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-385449
受付番号	50401773924
書類名	出願人名義変更届
担当官	滝澤 茂世 7299
作成日	平成 16 年 12 月 16 日

<認定情報・付加情報>

【承継人】

【識別番号】 503249810

【住所又は居所】 東京都大田区石川町 1-381 東京工業大学大岡山インキュベーションセンター

【氏名又は名称】 株式会社光コム研究所

【承継人代理人】

【識別番号】 100067736

【住所又は居所】 東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 7 号 大和生命ビル 11 階 小池国際特許事務所

小池 晃

【承継人代理人】

【識別番号】 100086335

【住所又は居所】 東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 7 号 大和生命ビル 11 階 小池国際特許事務所

田村 榮一

【承継人代理人】

【識別番号】 100096677

【住所又は居所】 東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 7 号 大和生命ビル 11 階 小池国際特許事務所

伊賀 誠司

【承継人代理人】

【識別番号】 100106781

【住所又は居所】 東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 7 号 大和生命ビル 小池国際特許事務所

藤井 稔也

【承継人代理人】

【識別番号】 100113424

【住所又は居所】 東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 7 号 大和生命ビル 小池国際特許事務所

【氏名又は名称】 野口 信博
 【承継人代理人】
 【識別番号】 100116126
 【住所又は居所】 東京都千代田区内幸町1丁目1番7号 大和生命
 ビル 小池国際特許事務所
 山口 茂

【氏名又は名称】
 【譲渡人】
 【識別番号】 503360115
 【住所又は居所】 埼玉県川口市本町4丁目1番8号
 独立行政法人科学技術振興機構

【譲渡人代理人】
 【識別番号】 100067736
 【住所又は居所】 東京都千代田区内幸町1丁目1番7号 大和生命
 ビル11階 小池国際特許事務所
 小池 晃

【氏名又は名称】
 【譲渡人代理人】
 【識別番号】 100086335
 【住所又は居所】 東京都千代田区内幸町1丁目1番7号 大和生命
 ビル11階 小池国際特許事務所
 田村 築一

【氏名又は名称】
 【譲渡人代理人】
 【識別番号】 100096677
 【住所又は居所】 東京都千代田区内幸町1丁目1番7号 大和生命
 ビル11階 小池国際特許事務所
 伊賀 誠司

【氏名又は名称】
 【譲渡人代理人】
 【識別番号】 100106781
 【住所又は居所】 東京都千代田区内幸町1丁目1番7号 大和生命
 ビル 小池国際特許事務所
 藤井 稔也

【氏名又は名称】
 【譲渡人代理人】
 【識別番号】 100113424
 【住所又は居所】 東京都千代田区内幸町1丁目1番7号 大和生命
 ビル 小池国際特許事務所
 野口 信博

【氏名又は名称】
 【譲渡人代理人】
 【識別番号】 100116126
 【住所又は居所】 東京都千代田区内幸町1丁目1番7号 大和生命
 ビル 小池国際特許事務所

特願2003-385449

ページ： 3/E

【氏名又は名称】 山口 茂

出証特2004-3101548

特願 2003-385449

出願人履歴情報

識別番号 [503249810]

1. 変更年月日 2003年 7月11日

[変更理由] 新規登録

住所 東京都大田区石川町1-381 東京工業大学大岡山インキュ

ベーションセンター

氏名 株式会社光コム研究所

特願 2003-385449

出願人履歴情報

識別番号 [503360115]

1. 変更年月日 2003年10月 1日

[変更理由] 新規登録

住所 埼玉県川口市本町4丁目1番8号
氏名 独立行政法人 科学技術振興機構

2. 変更年月日 2004年 4月 1日

[変更理由] 名称変更

住所 埼玉県川口市本町4丁目1番8号
氏名 独立行政法人科学技術振興機構

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/016325

International filing date: 04 November 2004 (04.11.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2003-385449
Filing date: 14 November 2003 (14.11.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 04 February 2005 (04.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse